

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA, KERANGKA TEORI, KERANGKA KONSEP, DAN HIPOTESIS

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Kopi

Kopi merupakan minuman stimulan yang di dapatkan dari biji kopi yang dipanggang.^{2,5} Pada awalnya kopi di konsumsi pada abad ke-9 di dataran tinggi Ethiopia hingga kemudian menyebar Mesir dan Yaman, seterusnya pada abad ke-15 telah mencapai Azerbaijan, Persia, Turki, dan Afrika Utara, benua Eropa, Indonesia, dan Amerika.^{21,22}

Tanaman kopi termasuk dalam family *Rubiaceae*, yang berdasarkan bijinya kopi termasuk tanaman *dicotyle* walaupun terdapat sekitar 5%-10% berbiji tunggal dan disebut *peaberries*. Kopi mempunyai sekitar 60 jenis kopi, 2 jenis kopi yang sering di konsumsi masyarakat antara lain kopi Arabika dan Robusta. Kopi Arabika mempunyai aroma yang nikmat dan keasaman yang pas, kopi ini biasa tumbuh di negara-negara Amerika Tengah, Afrika Utara, serta India. Kopi Robusta memiliki tingkat karakteristik yang kuat serta tingkat keasaman yang rendah, kopi ini tumbuh di negara Brazil, Vietnam, Indonesia, dan lainnya.^{23,24}

Di dalam biji kopi terdapat senyawa kimia yang dibedakan menjadi senyawa *volatile* dan *non-volatile*.³ Senyawa *volatile* adalah senyawa yang mudah menguap, terutama jika terjadi kenaikan suhu. Senyawa *volatile* juga merupakan senyawa yang berperan dalam memberi aroma pada kopi, senyawa tersebut antara

lain golongan aldehid, alkohol, dan keton. Senyawa *non-volatile* adalah senyawa yang berperan dalam menentukan mutu kopi, senyawa-senyawa tersebut antara lain kafein, *chlorogenic acid*, dan senyawa-senyawa nutrisi (karbohidrat, protein, lemak, dan mineral).^{3,4,25}

2.1.2 Kafein

Kafein, suatu alkaloid dari *methyl xanthine* yang memiliki struktur kimia *1,3,7-trimethyl xanthine* merupakan senyawa terpenting di dalam kopi. Kafein merupakan kristal xantin putih, pahit, dan larut dalam air. Senyawa ini bekerja sebagai stimulan sistem saraf pusat (SSP) dan diuretik lemah.²⁶

2.1.2.1 Kadar Kafein dalam Kopi

Kandungan kafein di dalam kopi sangat bervariasi, kandungan ini dipengaruhi oleh cara penyajian kopi dan jenis biji kopi.^{27,28} Menurut data dari *USDA National Nutrient Database*, secangkir kopi yang diseduh/*brewed* (setara 8 ons / 237 mL) mengandung 95 mg kafein, sedangkan *espresso* (25 mL) mengandung 53 mg kafein.²⁹

Menurut sebuah artikel yang dimuat dalam *USDA National Nutrient Database* pada tahun 2010 menyebutkan kandungan kafein pada kopi berdasarkan cara penyajian nya sebagai berikut:

Tabel 2. Kandungan Kafein Berdasarkan Cara Penyajian²⁹

Kopi dan Penyajian	Ukuran Penyajian (mL)	Kafein (mg)
Kopi Hitam, Seduh	250mL (1 Cangkir)	80-180
Kopi Hitam, Instan	250mL (1Cangkir)	76-106
<i>Espresso</i> , Seduh	30mL	64-90
<i>Cappuccino / Latte</i>	250mL	45-75
Kopi Hitam, Dekafeinasi	250mL	3-15
Kopi Hitam, Liqueur	45mL	4-14
Kopi Hitam, Instan, Dekafeinasi	250mL	3-5
<i>Espresso</i> , Dekafeinasi	30mL	0

Berdasarkan jenis biji kopi dan tingkat yang banyak dikonsumsi, normalnya, kopi Robusta memiliki kandungan kafein lebih banyak 2 kali lipat dari kopi Arabika¹

2.1.2.2 Farmakologi Kafein

2.1.2.2.1 Mekanisme Aksi

Bahan kimia psikoaktif utama dalam kopi adalah kafein yang merupakan antagonis adenosine, terkenal karena efek stimulan nya / *doping* , dan juga

mengandung *inhibitor monoamine oxidase* β -carboline dan *harmane* sebagai zat psikoaktif.³⁰

Normalnya, kafein sebagian besar dipecah sistem enzimatik mikrosomal di hati maka dari itu kafein sangat membutuhkan enzim hati. Metabolit yang dikeluarkan sebagian besar adalah paraxanthines-theobromine dan teofilin-dan kafein yang tidak diubah.³¹

2.1.2.2.2 Farmakodinamik

Kafein bersifat sebagai antagonis reseptor adenosine, ketika kafein dikonsumsi maka kafein akan bekerja mencegah adenosine mengaktifkan reseptor dengan cara menghalangi reseptor adenosine agar tidak berikatan. Akibat proses ini konsumen akan terjaga dan meningkat kewaspadaannya. Sifat antagonisme reseptor adenosine kafein berlaku pada semua sub tipe (A1, A2A, A2B, dan A3), hal ini menyebabkan perubahan di berbagai sistem seperti terjadinya peningkatan laju pernapasan, penurunan denyut jantung, serta menimbulkan efek simultan yang merupakan akibat dari pelepasan neurotransmitter seperti asetilkolin.³⁰

2.1.2.2.3 Farmakokinetik

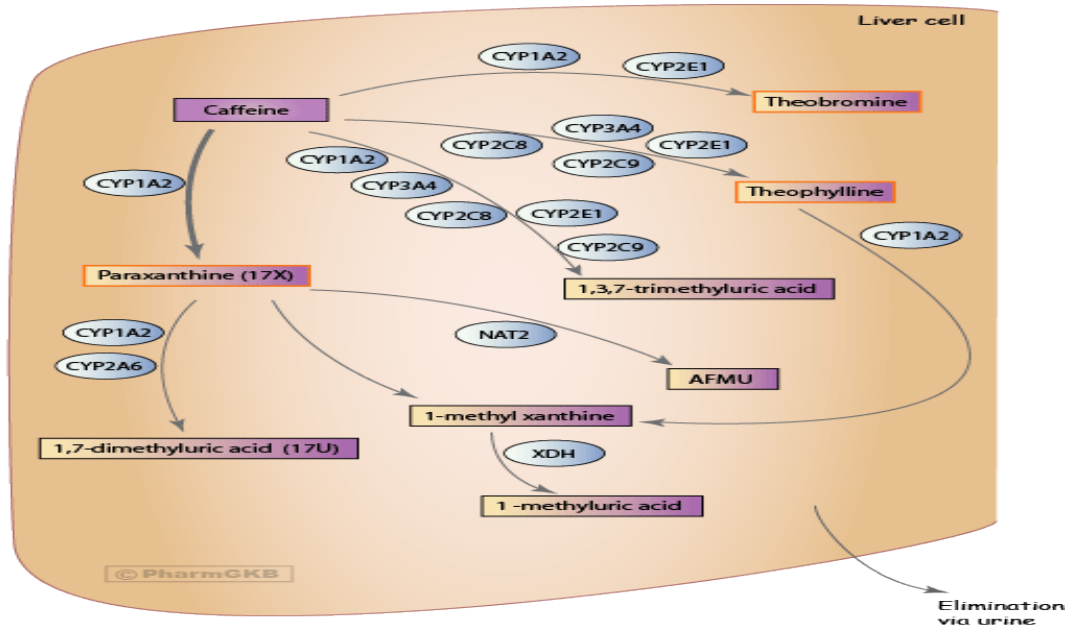
Setelah memasuki tubuh, kafein dari kopi atau minuman lain yang diserap seluruhnya oleh usus halus dalam waktu 45 menit dari konsumsi, didistribusikan di seluruh jaringan tubuh, dan akan mencapai puncak konsentrasinya di darah dalam waktu 1-2 jam. Umumnya, kafein akan memberi efek pada tubuh dalam waktu 15-45 menit dari waktu konsumsi dan akan bertahan selama 6-10 jam.³⁰

Waktu paruh kafein, waktu yang dibutuhkan untuk mengeliminasi setengah atau seluruhnya, setiap individu bervariasi antar individu sesuai dengan faktor seperti tingkat fungsi enzim hati, ibu hamil, dll. Pada orang dewasa normal, waktu paruh kafein sekitar 3-7 jam, dan dapat meningkat hingga 2 kali lebih lama pada ibu hamil.^{30,9}

Setelah masuk dalam pencernaan, kafein akan di metabolisme di hati menggunakan sistem enzim oksidase sitokrom P450, khususnya, oleh isozim CYP1A2 menjadi 3 dimethylxanthine yaitu:

- Paraxanthine: Meningkatkan lipolisis, yang mengarah ke peningkatan gliserol dan kadar asam lemak bebas dalam plasma darah.
- Theobromine: Dilatasi pembuluh darah dan meningkatkan volume urin.
- Theophylline: Melemaskan otot polos bronkus, dan digunakan untuk mengobati asma

Setiap metabolit ini selanjutnya dimetabolisme dan kemudian diekskresikan dalam urin. Pada pasien dengan penyakit hati yang memburuk, dapat terjadi akumulasi metabolit akibat adanya peningkatan waktu paruh dari kafein.^{9,32,33}



Gambar 1. Alur farmakokinetik kafein di dalam sel liver.³²

2.1.3 *Sprint*

Sprint merupakan kegiatan berlari dengan kecepatan penuh dalam waktu yang singkat. Lari *sprint* juga banyak dimanfaatkan oleh cabang-cabang olahraga yang membutuhkan kecepatan untuk menghindari tertangkap lawan ataupun untuk mencapai target secepat mungkin. Secara fisiologis, manusia dapat mempertahankan kecepatan maksimal dalam berlari selama 30 – 35 detik karena pada lari *sprint* akan cepat menghabiskan simpanan fosfokreatin di otot dan terjadinya kelelahan akibat asidosis metabolik yang disebabkan glikolisis anaerob dan perombakan lemak sebagai seteleah glukosa habis terpakai.³⁴

Secara umum *sprint* dibagi menjadi beberapa jenis bergantung pada jarak tempuh pada perlombaan yang terbagi menjadi lari *sprint* 60 meter, 100 meter,

200 meter, dan 400 meter. Dan tahapan-tahapan untuk melakukan lari *sprint* adalah:

- Tahap reaksi dan dorongan
- Tahap percepatan
- Tahap transisi/perubahan
- Tahap kecepatan maksimum
- Tahap pemeliharaan kecepatan
- Finish

2.1.3.1 Otot yang Digunakan Pada *Sprint*

Lari *sprint* sangat dominan dengan penggunaan kecepatan maksimal karena pelari dituntut untuk mencapai jarak yang singkat dengan waktu yang singkat, oleh karena itu, dibutuhkan penunjang untuk mempercepat langkah secara kinetika dan kemampuan tolakan yang cukup dari segi kinematika.¹⁶ Penunjang tersebut adalah otot-otot yang secara khusus berperan lebih aktif dalam lari *sprint* yaitu:

- Otot-otot hamstring yang terdiri dari:
 - M. Semitendinosus
 - M. Semimembranosus
 - M. Biceps Femoris
- Otot-otot quadriceps femoris yang terdiri dari:
 - M. Rectus Femoris

- M. Vastus Lateralis
- M. Vastus Intermedius
- M. Vastus Medialis
- Otot-otot gluteal yang terdiri dari:
 - M. Gluteus Maximus
 - M. Gluteus Medius
 - M. Gluteus Minimus
 - M. Piriformis
 - M. Gemelli Superior
 - M. Gemelli Inferior
 - M. Quadratus Femoris
 - M. Obturator Internus
- Otot-otot calves yang terdiri dari:
 - M. Gastrocnemius
 - M. Plantaris
 - M. Soleus

Otot-otot ini merupakan komponen utama dalam menghasilkan gerakan untuk melakukan *sprint* dengan tepat karena selain berfungsi sebagai otot penggerak utama tetapi juga berfungsi sebagai penjaga gerakan sinergis, stabilisator, dan sebagai antagonis agar tercipta momentum gaya tolak yang besar serta percepatan gerak kaki dengan baik dengan tetap terjaga keseimbangan tubuh saat bergerak.^{16,35,36}

2.1.3.2 Metabolisme *Sprint*

Lari *sprint* merupakan kegiatan yang membutuhkan ledakan energi dan kecepatan, oleh sebab itu dibutuhkan energi dalam jumlah besar dan dalam waktu yang sangat singkat. Penelitian terdahulu menyebutkan bahwa fosfat kreatinin dan ATP yang terkandung di dalam otot hanya mampu mengeluarkan upaya maksimal dalam *sprint* selama 5-10 detik sedangkan penelitian terbaru mengungkapkan bahwa daya upaya maksimal yang dapat dilakukan atau dipertahankan sekitar 30-35 detik, selebihnya pembuatan ATP untuk energi dilakukan dengan metabolisme anaerob.^{34,37,38}

Metabolisme anaerob yang pertama digunakan adalah glikolisis anaerob yang menggunakan glukosa untuk dirombak menjadi sumber ATP, walaupun begitu penggunaan glukosa ini tidak begitu efektif untuk *sprint* akibat ATP yang dihasilkan untuk energi tidak sebanding dengan tenaga yang dikeluarkan maka untuk memenuhi kebutuhan energi atau tenaga yang dikeluarkan tersebut tubuh akan mengkompensasi dengan melakukan metabolisme lipolisis yang terjadi secara anaerob. Efek penggunaan metabolisme anaerob ini akan menyebabkan terjadinya kelelahan akibat produk dari metabolisme itu sendiri yaitu asam laktat, ditambah dengan perombakan lemak yang juga menghasilkan asam laktat menambah faktor percepatan kelelahan pada otot.^{39,34,40,41,37,42}

2.1.3.3 *Sprint* 100 meter

Lari *sprint* 100 meter merupakan salah satu cabang olahraga atletik yang paling banyak di gemari. Olahraga ini merupakan bagian dari lari *sprint* di luar

ruangan yang terpendek, dan beberapa ahli percaya bahwa hasil prestasi *sprint* setiap orang dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti genetik, jenis kelamin, dan ras yang berkaitan juga dengan tingkat metabolisme anaerob di dalam tubuh.^{43,44}

Olahraga singkat dengan intensitas tinggi seperti *sprint* 100 meter menyebabkan perubahan yang cepat dalam metabolisme hingga cepat menghasilkan asidosis laktat, hal ini akan mempercepat kelelahan pada otot pelari dan menurunkan kecepatan dan kinerja pelari.³⁴

2.1.4 Kelelahan Otot

2.1.4.1 Pengertian

Kelelahan otot merupakan suatu keadaan yang terjadi setelah kontraksi otot yang kuat dan lama, di mana otot tidak mampu lagi berkontraksi dalam jangka waktu tertentu. Kelelahan otot menunjukkan suatu proses yang mendekati definisi fisiologik yang sebenarnya yaitu berkurangnya respons terhadap stimulasi yang sama.¹² Pada orang normal, kelelahan pada otot ini dapat di pulihkan dengan istirahat selama 5 menit setelah berolahraga.⁴⁵

Kelelahan pada otot dapat dibagi menjadi 2 berdasarkan penyebab nya ,yaitu:

- Kelelahan saraf: kelelahan otot akibat adanya penurunan stimulasi kontraksi oleh saraf
- Kelelahan metabolik: kelelahan otot atau penurunan kontraksi akibat hambatan kimia pada serat kontraksi otot, biasanya akibat penumpukan hasil metabolit.

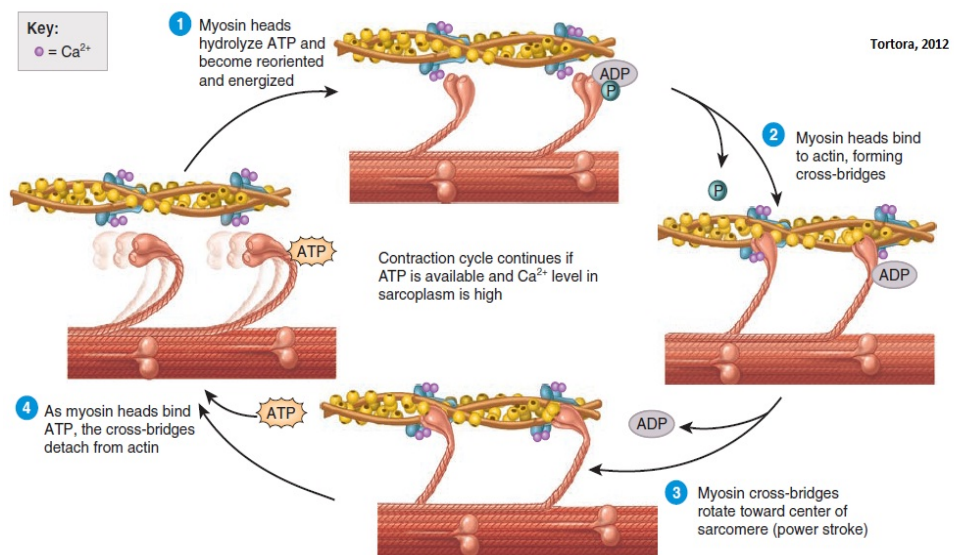
Maka berdasarkan penyebabnya kelelahan otot juga dapat di deskripsikan sebagai penurunan kontraksi otot akibat kegagalan fungsi metabolic atau saraf.¹¹

2.1.4.2 Mekanisme Kelelahan Otot

Kontraksi merupakan hal terpenting dari otot dan menggunakan ATP sebagai sumber energinya. Mekanisme kontraksi otot dapat dijelaskan dengan teori *sliding filament* yang membutuhkan ATP yang tersimpan di dalam kepala miosin. Tahapan awal, pada *neuromuscular junction*, asetilkolin dilepaskan dari sinaps terminal menuju reseptor dalam sarkoma. Hasil perubahan potensial memberan serabut otot akan hasilkan potensial aksi ke sepanjang tubulus T. Retikulum sarkoplasma meningkatkan konsentrasi kalsium di sarkomer dan sarkoplasma dengan melepaskan cadangan ion Ca. Ion Ca berikatan troponin menghasilkan perubahan kompleks troponin-tropomiosin pada bagian aktif aktin, kepala miosin berikatan dengan bagian aktif sehingga terjadi *meosin cross-bridge* yang siklus berulangnya menyebabkan kontraksi pada otot. Siklus ini terjadi akibat hidrolisa ATP, dan menimbulkan pergeseran filamen serta pemendekan serabut otot. Pemecahan oleh asetilkolinesterase pada asetilkolin meningkatkan potensial aksi sehingga retikulum sarkoplasma akan menurunkan ion Ca dengan menyerapnya kembali. Terjadi pencegahan interaksi *cross-bridge* dan akibatnya pergeseran filamen akan berhenti dan kontraksi pun terhenti. Relaksasi otot terjadi dan otot akan kembali secara pasif pada *resting length*.^{12,11}

Selama ATP tersedia daur tersebut dapat terus berlangsung. Pada keadaan kontraksi, ATP yang tersedia didalam otot akan habis terpakai 1 detik. Oleh

karena itu ada jalur metabolisme produktif yang menghasilkan ATP. ATP dengan bantuan kreatin kinase akan segera menjadi kreatin fosfat. Persediaan kreatin fosfat ini hanya cukup untuk beberapa detik, selanjutnya ATP diperoleh dari fosforilasi oksidatif. Apabila oksigen tidak cukup maka asam piruvat akan diubah menjadi asam laktat, yang apabila menumpuk akan terjadi kelelahan otot.^{11,12}



Gambar 2. Teori Pergeseran Filamen¹¹

2.1.4.3 Faktor Penyebab Kelelahan Otot

a. Penumpukan Asam Laktat

Banyak ahli dan penelitian berasumsi bahwa asam laktat mempunyai efek untuk menghambat kemampuan otot berkontraksi. Asam laktat sebagai hasil produksi atau produk fermentasi dapat meningkatkan keasaman pada intraseluler otot. Keasaman pada intraseluler otot ini akan menyebabkan penurunan sensitivitas aparatus kontraktil terhadap kalsium tetapi juga meningkatkan konsentrasi kalsium sitoplasmik melalui penghambatan pompa kimia yang aktif

mengangkut kalsium keluar dari sel tetapi efek timbal balik nya adalah terhambatnya kalium pada potensial aksi otot. Penurunan kalsium yang disebabkan peningkatan ion H yang menghalangi proses eksitasi juga menyebabkan gangguan pengikatan troponin dan menghambat kegiatan fosfofruktokinase, enzim kunci yang terlibat dalam glikolisis anaerob. Demikian lambatnya hambatan glikolisis, mengurangi penyediaan ATP untuk energi dan berakibat mempercepat kelelahan pada otot.^{11,46}

b. Pengosongan penyimpanan ATP dan PC

Pengosongan fosfagen intraseluler mengakibatkan kelelahan karena ATP merupakan sumber energi kontraksi otot dan PC sebagai resintesis ATP secepatnya. Konsentrasi ATP di miofibril lebih berkurang daripada otot keseluruhan oleh sebab itu ATP menjadi terbatas di dalam mekanisme kontraktile. Penurunan ATP ini akan mengakibatkan peningkatan pada ion H intraseluler yang merupakan penyebab utama dari penumpukan asam laktat.^{42,46}

c. Pengosongan Simpanan Glikogen Otot

Seperti halnya dengan asam laktat dan kelelahan, hubungan sebab akibat antara pengosongan glikogen otot dan kelelahan otot tidak dapat ditentukan dengan tegas. Rendahnya tingkatan/level glukosa darah, menyebabkan pengosongan cadangan glikogen hati. Kelelahan otot lokal disebabkan karena pengosongan cadangan glikogen otot.⁴⁶

d. Konsumsi Kafein

Kafein yang merupakan alkaloid dari *methyl xanthine*, memiliki mekanisme yang dapat meningkatkan lipolysis dan menyebabkan pengoptimalan

penggunaan lemak sebagai sumber ATP pada metabolisme anaerob. Hal ini menyebabkan penumpukan asam laktat yang merupakan produk limbah lipolisis sehingga penumpukan tersebut mempercepat kelelahan pada otot.¹¹

Penelitian tentang kafein yang berkaitan dengan kelelahan otot bisa terbilang tidak terlalu banyak, fungsi kafein sebagai doping juga masih diragukan karena faktor seperti desain penelitian, metode dll. Walaupun begitu, dari penelitian-penelitian sebelumnya para ahli menyepakati bahwa:

- Kafein tidak memberi keuntungan pada olahraga yang bersifat membutuhkan intensitas tinggi dan waktu singkat (contoh: *sprint*).
- Kafein dapat meningkatkan performa pada olahraga ketahanan.

Glikogen merupakan bahan bakar utama untuk otot dan kelelahan terjadi ketika habis. Sebuah bahan bakar sekunder, yang jauh lebih berlimpah, adalah lemak. Selama masih ada glikogen tersedia, kerja otot dapat memanfaatkan lemak. Kafein memobilisasi cadangan lemak dan mendorong kerja otot untuk menggunakan lemak sebagai bahan bakar. Hal ini akan menyebabkan penundaan penipisan glikogen otot dan memungkinkan untuk perpanjangan latihan. Periode waktu kritis dalam glikogen sparing tampaknya terjadi selama 15 menit pertama latihan, di mana kafein telah terbukti menurunkan pemanfaatan glikogen sebanyak 50%. Glikogen disimpan di awal demikian tersedia selama tahap akhir latihan. Meskipun metode yang tepat dimana kafein melakukan ini masih belum jelas, kafein menyebabkan hemat di semua studi manusia di mana tingkat glikogen otot

diukur. Efek pada kinerja, yang diamati dalam studi paling eksperimental, adalah bahwa subjek mampu berolahraga lebih lama sampai kelelahan terjadi.¹¹

e. Gangguan Mineral dalam Tubuh

Gangguan mineral di dalam tubuh menyebabkan ketidakseimbangan elektrolit di dalam tubuh seperti gangguan tingkat konsentrasi kalium dan natrium yang berpengaruh pada mekanisme aksi kontraksi otot.⁴⁶

f. Gangguan Kelenjar Tiroid

Tiroid yang mengalami gangguan baik hipotiroid maupun hipertiroid akan berpengaruh terhadap kelelahan otot karena tiroid sendiri merupakan organ tubuh yang mengatur cara tubuh untuk memakai energi, dan dapat berpengaruh terhadap hormonal. Ketika terdapat gangguan pada tiroid maka akan ada gangguan pula pada tulang akibat berkurangnya resorpsi kalsium tulang sehingga mengganggu aktifitas kalsium yang akan berdampak juga terhadap peningkatan asam laktat di dalam otot.^{11,46} Ketika terjadi kerja tiroid yang berlebihan, metabolisme di dalam tubuh akan meningkat secara drastis dan meningkatkan penggunaan ATP sebagai sumber tenaga sehingga cepat habis dan mudah terjadi kelelahan. Sedangkan pada hipotiroid tubuh akan mengalami gangguan kandungan mineral sehingga mengakibatkan terganggunya mekanisme potensial aksi yang menyebabkan percepatan dalam kelelahan.⁴⁷

g. Alkohol

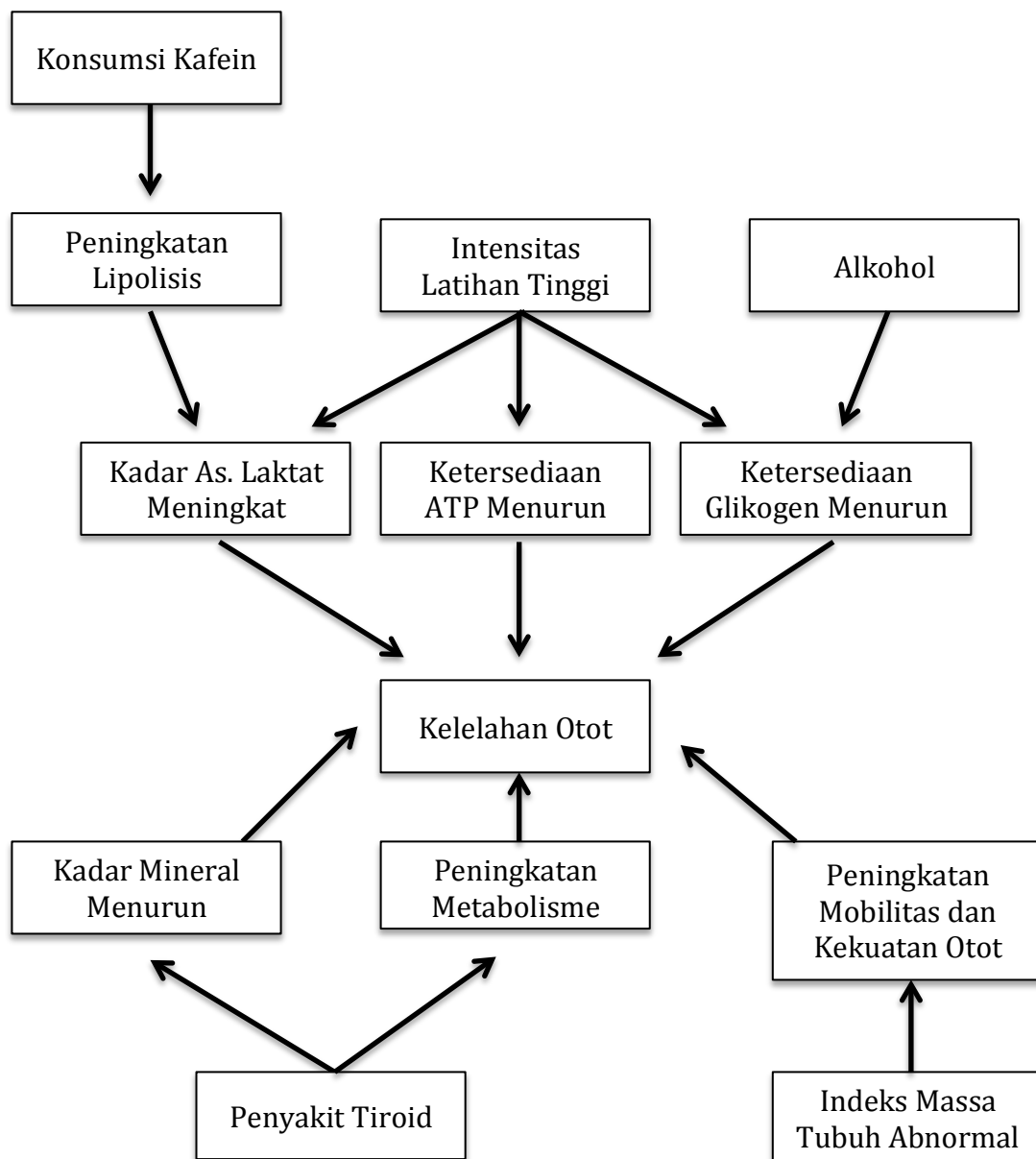
Alkohol dapat mempengaruhi performa olahraga dengan mempercepat kelelahan otot karena alkohol mengganggu cara tubuh membuat energi. Alkohol dipecah dalam hati. Bila kita mengkonsumsi alkohol, fungsi-fungsi dari kinerja

hati akan terhambat, salah satu fungsi melibatkan produksi glukosa. Kita perlu glukosa untuk energi. Jika hati tidak memproduksi cukup glukosa, tubuh akan menjadi lelah karena bekerja untuk mengusir alkohol, sehingga lebih dari sebuah perjuangan untuk menjaga kecepatan.³⁸

h. Indeks Massa Tubuh

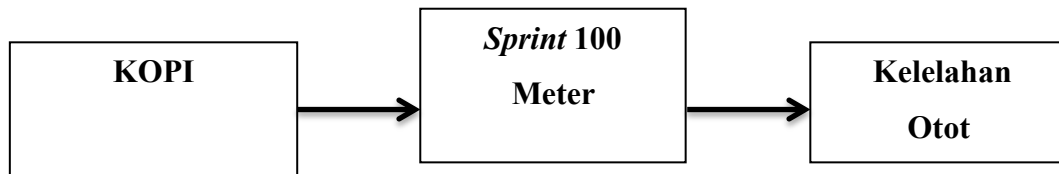
Derajat kegemukan memiliki pengaruh yang besar terhadap prestasi dan tes-tes kemampuan atletik. Seseorang dengan IMT normal memiliki kemampuan motorik yang lebih baik daripada orang yang *overweight* atau obesitas. Kelebihan berat badan mengurangi tingkat kemampuan motorik yang memerlukan mobilitas dan kekuatan otot besar.⁴⁷ Kegemukan diukur dengan IMT yang didefinisikan sebagai berat badan dibagi dengan kuadrat tinggi badan (kg/m^2). Menurut WHO, nilai IMT orang Asia memiliki kategori *underweight* $<18,5 \text{ kg/m}^2$, normal $18,5\text{--}24,9 \text{ kg/m}^2$, *overweight* $\geq 25 \text{ kg/m}^2$, dan obesitas $\geq 30 \text{ kg/m}^2$.⁴⁸

2.2 Kerangka Teori



Gambar 3. Kerangka Teori

2.3 Kerangka Konsep



Gambar 4. Kerangka Konsep

2.4 Hipotesis

Berdasarkan uraian latar belakang dan tinjauan pustaka, maka hipotesis penelitian ini, yaitu:

- Terdapat pengaruh kopi/kafein terhadap kelelahan otot pada *sprint* 100 meter.
- Terdapat perbedaan waktu tempuh pada *sprint* 100 meter antara subjek yang diberikan kopi dengan tidak diberikan kopi.